

**ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT**

A-1200 Wien, Dresdner Straße 87

REC'D 03 JUN 2004

WIPO

PCT

Kanzleigeühr € 20,00
Schriftengebühr € 78,00

Aktenzeichen **GM 223/2003**

Das Österreichische Patentamt bestätigt, dass

**die Firma MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG
in A-8041 Graz, Liebenauer Hauptstrasse 317
(Steiermark),**

am **31. März 2003** eine Gebrauchsmusteranmeldung betreffend

**"Verfahren zum Verschweissen eines rotationssymmetrischen Teiles
mit einem Nabenteil",**

überreicht hat und dass die beigeheftete Beschreibung samt Zeichnungen
mit der ursprünglichen, zugleich mit dieser Gebrauchsmusteranmeldung
überreichten Beschreibung samt Zeichnungen übereinstimmt.

Es wurde beantragt, Manfred RAHM in Rein (Steiermark), als Erfinder
zu nennen.

Österreichisches Patentamt

Wien, am 5. April 2004

Der Präsident:

**PRIORITY****DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**HRNCIR**
Fachoberinspektor

GM

223 / 2003

U I 3 9 U i text

MAGNA STEYR
Fahrzeugtechnik AG&CoKG

G3556at1

VERFAHREN ZUM VERSCHWEISSEN EINES ROTATIONS- SYMMETRISCHEN TEILES MIT EINEM NABENTEIL

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden eines rotations-symmetrischen Teiles mit einem Nabenteil durch Schweißen, wobei die miteinander zu verbindenden Kontaktflächen im Wesentlichen zylindrisch sind und der rotationssymmetrische Teil Funktionsflächen hat, deren genaue Lage und/oder Winkel funktionswesentlich ist. Mit Funktionsflächen sind beispielsweise die Wälzflächen eines Zahnrades, oder die Dichtflächen eines Pumpenrotors gemeint. Im Wesentlichen zylindrisch bedeutet, dass die Kontaktflächen keine achsnormalen Flächen sind, sondern eine gewisse Zentrierwirkung ausüben. Der Nabenteil kann auch Teil der den rotationssymmetrischen Teil tragenden Welle oder diese selbst sein. Bei Zahnrädern ist insbesondere an das Tellerrad eines Achsantriebes für Kraftfahrzeuge gedacht, dessen Form und Lage der Funktionsflächen eine hohe Anfälligkeit auf Winkelverzüge durch Schweißspannungen bedingt, bei dem aber an die Genauigkeit des Eingriffes besonders hohe Anforderungen gestellt werden.

Derartige drehfeste Verbindungen zwischen Welle und Nabe oder zwischen einer Nabe und einem rotationssymmetrischen Teil werden üblicherweise durch bloßes Aufpressen oder Aufschrupfen hergestellt, bei besonders hohen und wechselnden Kräften, wie sie unter anderem etwa am Tellerrad im Achsantrieb eines Kraftfahrzeuges auftreten, durch hochfeste Passschrauben. Die Verbindung mittels Passschrauben ist aber kostspielig und erfordert erheblichen Bauraum. Auch Schweißverbindungen sind denkbar, wegen des Schweißverzuges bei Vorhandensein von Funktionsflächen hoher Genauigkeit aber zweifelhaft und daher unüblich.

Hier setzt die Erfindung an. Es soll ein Verfahren entwickelt werden, derartige fertig bearbeitete Teile hoher Präzision durch Schweißen seriensicher zu verbinden. Erfindungsgemäß sind die zu verbindenden Teile in ihrem die Drehachse enthaltenden Längsschnitt so bemessen, dass beim Aufpressen oder Aufschrupfen im rotationssymmetrischen Teil Spannungen und durch diese Verformungen entstehen, die den beim darauffolgenden Schweißen zu erwartenden Spannungen und den durch diese verursachten Verformungen entgegengesetzt sind.

Es ist also dem Verschweißen ein Fügevorgang vorgeordnet. Die Fügeverbindung ist bewusst so ausgelegt, dass sich der zu montierende Teil verformt, und zwar in Richtung und Betrag entgegengesetzt der Verformung durch den Schweißverzug, der sich nach dem Schweißen einstellt. Die Auslegung der Fügeverbindung kann nach bekannten Methoden, insbesondere unter Verwendung einer FE-Methode (FE = Finite Elemente). Aufpressen und Aufschrupfen ist insofern gleichwertig, als bei beiden Verbindungen in den Kontaktflächen Spannungen erzeugt werden, im ersten Fall durch elastische Verformung, im zweiten durch Wärmedehnung.

Für die Auslegung der Fügeverbindung und die Bemessung der zu verbindenden Bauteile gibt es zwei Wege, die jeder für sich oder gemeinsam gangbar sind. Der erste Weg besteht darin, dass

- der rotationssymmetrische Teil auf den Nabenteil aufgespritzt oder aufgeschumpft wird, wobei mindestens eine der beiden Kontaktflächen entlang der Achsenrichtung unterschiedliche Radien hat, dergestalt, dass im rotationssymmetrischen Teil beim Aufbringen auf einer Seite höhere Spannungen als auf der anderen Seite entstehen und die Funktionsflächen sich in einer Richtung verlagern, und
- sodann die Schweißung auf der einen Seite erfolgt, wobei durch die Schweißung auf dieser einen Seite die Funktionsflächen wieder in die ursprüngliche genaue Position zurückkehren.

Aus Toleranz- und Kostengründen ist es vorteilhaft, wenn eine der miteinander zu verbindenden Flächen zylindrisch ist und nur die andere in Achsenrichtung unterschiedliche Radien hat (Anspruch 3), wobei bei unterschiedlichen Radien der Außenfläche der kleinere beziehungsweise bei unterschiedlichen Radien der Innenfläche der größere Radius auf der Seite der Schweißnaht ist (Anspruch 4). Im Toleranzfeld betrachtet bedeutet das, dass auf der Seite der Schweißung die Durchmesser der Fügeflächen einander für einen Presssitz überlappen.

Die unterschiedlichen Radien lassen sich durch Abstufung fertigen, was einfacher ist, aber einen unstetigen Spannungsverlauf über die axiale Länge erwarten lässt. Besser ist es, wenn die andere der miteinander zu verbindenden Flächen konisch ist, wobei bei konischer Außenfläche der kleinere bzw. bei konischer Innenfläche der größere Radius des Konus auf der Seite der Schweißnaht ist (Anspruch 5).

Da die Erfindung einen Weg weist, Schweißverzüge nicht zu unterbinden, sondern zu kompensieren, ist sie im Prinzip für die meisten Schweißverfahren geeignet. Naturgemäß werden besonders gute Resultate erzielt, wenn die Schweißung mittels eines Hochenergiestrahles, insbesondere eines Laserstrahles, erfolgt (Anspruch 8).

Fig. 1 zeigt einen rotationssymmetrischen Teil 1 und einen Nabenteil 2 vor ihrer Verbindung. Der rotationssymmetrische Teil 1 ist hier das Teller-
rad eines Achsantriebes, das mit einem hier nicht dargestellten Trieb-
ling kämmt. Seine Zahnflanken 6 sind die Funktionsflächen, deren Genauig-
keit für den Betrieb sehr wichtig ist. Mit 7 ist der Kopfkegel dieser Zähne
bezeichnet, seine Lage wird im Folgenden, auch stellvertretend für alle
anderen funktionswesentlichen Maße der Funktionsfläche betrachtet. Auf
seinem kleinsten Durchmesser hat der rotationssymmetrische Teil 1 eine
zylindrische Kontaktfläche 4. Der Nabenteil 2, hier einstückig mit einer
Welle 3, hat eine äußere Kontaktfläche 5, welche gemäß dem Stand der
Technik ebenfalls zylindrisch ist. Die Toleranzfelder der Kontaktflächen
4,5 sind entsprechend einem Presssitz gewählt. Die Drehachse der beiden
zu verbindenden Teile ist mit 0 bezeichnet.

In **Fig. 2** ist der Presssitz zwischen den beiden Teilen 1,2 hergestellt. Die Lage des Kopfkegels 7 ist unverändert geblieben, wenn der über die axiale Länge ungefähr gleiche vom Presssitz ausgeübte Druck zu keiner Verformung des rotationssymmetrischen Teiles 1 geführt hat.

Fig. 3 zeigt den rotationssymmetrischen Teil 1' und den Nabenteil 2' nach vollendeter Schweißung. Die abgekühlte Schweißnaht 10 übt durch ihr Schrumpfen auf die beiden Teile 1',2' durch die Pfeile 8 angedeutete Schrumpfkkräfte aus, die zu einer Formänderung des rotationssymmetrischen Teiles 1' führen. Diese ist durch Vergleich mit den strichliert gezeichneten Konturen 7,4 mit den in Volllinie gezeichneten Konturen 7',4' erkennbar. Der Kopfkegel 7 ist zum Kopfkegel 7' geworden. Diese Winkelabweichung wirkt sich sehr nachteilig auf das Zusammenwirken zwischen Tellerrad und Triebfling aus. Soweit der Stand der Technik.

In **Fig. 4** hat der rotationssymmetrische Teil 11 wieder eine Kontaktfläche 14 und Funktionsflächen 16 mit dem Kopfkegel 17, ist also gegenüber dem der Fig. 1 unverändert. Die Kontaktfläche 15 des Nabenteiles 12 jedoch ist konisch. Die Konizität ist zum Erreichen der erfindungsgemäßen Wirkung optimiert, was durch Versuch und Faustregel erfolgen kann, besonders genau aber durch Berechnung nach der Methode der finiten Elemente. Der Nabenteil 12 wird in den rotationssymmetrischen Teil 11 eingepresst.

Fig. 5 zeigt die so vereinigten Teile 11,12 nach dem Aufpressen beziehungsweise Einpressen. Durch das Einpressen hat sich der rotationssymmetrische Teil 11 (in Fig. 5 nur mehr strichliert gezeichnet) zu 11* verformt. Seine Kontaktfläche 14 (strichliert) ist zur leicht konischen Kontaktfläche 14* verformt, sein Kopfkegel 17 (strichliert) zum Kopfkegel

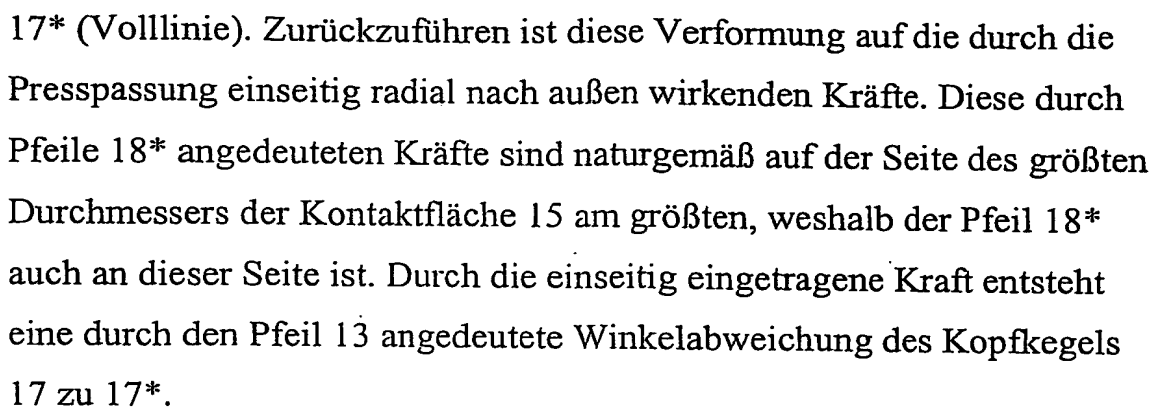


Fig. 6 zeigt das nächste Stadium, nach dem Schweißen. Die beim Abkühlen schrumpfende Schweißnaht 20 übt auf den rotationssymmetrischen Teil 11 durch die Pfeile 18' angedeutete Zugkräfte 18' aus. Da diese wieder nur auf der Seite der Schweißnaht 20 wirken, aber in entgegengesetzter Richtung, verursachen sie eine Winkelrückstellung 13'. Diese führt dazu, dass der Kopfkegel aus der Stellung 17* der Fig. 5 in die Stellung 17' gezogen wird. Bei richtiger Auslegung der Presspassung ist die Winkelrückstellung 13' gleich der Winkelabweichung 13* der Fig. 5 und der Kopfkegel 17' ist wieder deckungsgleich mit dem ursprünglichen Kopfkegel 17. Die erfindungsgemäße Verbindung hat somit trotz einseitigen Schweißens zu keiner Verlagerung der hochgenauen Funktionsflächen geführt.

Die Erfindung ist aber auch auf anderem Wege realisierbar, wie in den Figuren 7, 8 und 9 gezeigt. In **Fig. 7** hat der Nabenteil 22 eine zylindrische Kontaktfläche 25. Auch der rotationssymmetrische Teil 21 hat eine zylindrische Kontaktfläche 24, wobei die Toleranzfelder der Durchmesser der beiden Kontaktflächen 24, 25 wieder für einen Presssitz festgelegt sind. Die erfindungsgemäße Wirkung wird hier dadurch erzielt, dass der rotationssymmetrische Teil 21 eine rundum verlaufende Nut 31 aufweist, die im gezeigten Längsschnitt eine Einschnürung 33 zwischen dem Haupt-

querschnitt mit einem Flächenmittelpunkt 32 und einem Muffenteil 35 bildet. Auf die Bestimmung des Flächenmittelpunktes 32 wird nicht weiter eingegangen, da diese nach den Regeln der Statik erfolgt. Jedenfalls ist die Einschnürung 33 gegenüber dem Flächenmittelpunkt 32 in Richtung der Achse Null um einen mit 34 bezeichneten Abstand versetzt. Diese Versetzung ist wesentlich. Innerhalb der Nut 31 bleibt der Muffenteil 35, der über seine gesamte achsiale Länge am Presssitz teilnimmt.

Fig. 8 zeigt die Anordnung der Fig. 7 nach dem Einpressen des Nabenteiles 22 in den rotationssymmetrischen Teil 21. Der dabei entwickelte nach außen wirkende Druck zwischen beiden Kontaktflächen 24,25 wird nur im Bereich der Einschnürung 33 in den Hauptquerschnitt des rotationssymmetrischen Teiles 21 eingetragen. Dadurch entsteht wieder eine Winkelabweichung 23*, die eine Verlagerung des Kopfkegels 27 (strichliert) zu der Lage 27* (Volllinie) verursacht. Diese nach außen geleitete Kraft ist mit dem Pfeil 28* angedeutet. Eine Schweißnahtvorbereitung ist hier bewusst nicht eingetragen, da diese entsprechend dem jeweilig gewählten Schweißverfahren festgelegt wird. Nun werden die beiden Teile 21,22 verschweißt, beispielsweise mittels eines Hochenergiestrahles, insbesondere mittels Laser.

Fig. 9 zeigt die verbundenen Teile nach dem Schweißen und Abkühlen. Die Schweißung 30 wurde von der Seite vorgenommen, auf der sich auch die Einschnürung 33 befindet. Die kalte Schweißnaht übt wieder eine mit den Pfeilen 28' angedeutete Zugkraft auf den Hauptquerschnitt mit dem Flächenmittelpunkt 32 des rotationssymmetrischen Teiles 21 aus, welche wieder in Achsenrichtung gegenüber dem Flächenmittelpunkt 32 um einen Abstand 34' versetzt ist. Die dadurch bewirkte Winkelrückstellung, Pfeil 23' führt den Kopfkegel 27* und die dazugehörigen Funktionsflächen zu-

rück in die Lage 27', welche bei richtiger Auslegung wieder gleich der ursprünglichen Lage 27 ist.

In der Variante der **Fig. 10** ist die Kontaktfläche 33 des Nabenteiles 32 nicht konisch wie in Fig. 4, sondern sie besteht aus zwei (oder mehreren) abgestuften zylindrischen Flächen 34,35 verschiedenen Durchmessers, getrennt durch eine konische Anphasung 36.

Fig. 11 zeigt den Spannungsverlauf in den Kontaktflächen 14,15 bei der Anordnung der Fig. 4. Dort gelte die Spur der Kontaktfläche 14 als Null-Achse von der aus die örtlichen Spannungen nach oben positiv, nach unten negativ eingetragen sind. Die Kurve 40 stellt den Spannungsverlauf nach dem Einpressen des Nabenteiles dar und ist ungefähr eine Gerade; die Kurve 41 die Spannungsverteilung während des Schweißens, also bei maximaler Temperatur; und die Kurve 42 beim Abkühlen der Schweiße entstehende Schrumpfspannung. Die Kurve 43 ist dann die resultierende aus den Kurven 41 und 42, die Flächen 44 und 45, jeweils schraffiert, sind gleich. Mit 46 ist die Tiefe der nicht eingezeichneten Schweißnaht bezeichnet.

Fig. 12 zeigt die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren praktisch erreichten Auswirkungen. Die horizontale Achse 50 ist eine Zeitachse ohne Maßstab, von dieser sind nach oben die positiven und nach unten die negativen Abweichungen eingezeichnet. Mit den Klammern 51,52 abgegrenzten Bereiche sind die Bereiche der zulässigen positiven bzw. negativen Winkelabweichung. In diesem Bereich sollen die Ist-Maße des fertigen Werkstückes liegen. Durch eine Schweißung nach dem Stand der Technik jedoch, entsteht eine Winkelabweichung, die ein mit der Klammer 53 bezeichnetes zu positiver Winkelabweichung verschobenes Toleranzfeld ergibt. Man sieht, dass nur mehr ein kleiner Teil innerhalb des

Bereiches der zulässigen Winkelabweichung liegt.. Sein Mittelwert liegt um den Abstand 54 über der Null-Achse der Toleranzfelder. Dem wird durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen abgeholfen, diese führen das Toleranzfeld 53 bei richtiger Auslegung zurück in den Bereich 55 der genau symmetrisch zur Null-Achse des Soll-Toleranzfeldes liegt.

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Verbinden eines rotationssymmetrischen Teiles mit einem Nabenteil durch Schweißen, wobei die miteinander zu verbindenden Kontaktflächen (4; 5; 14; 15; 24; 25; 34; 35) im Wesentlichen zylindrisch sind und der rotationssymmetrische Teil Funktionsflächen (6; 16; 26; 36) hat, deren genaue Lage und/oder Winkel funktionswesentlich ist, dadurch **gekennzeichnet**, dass der rotationssymmetrische Teil (11; 21; 31) und der Nabenteil (12; 22; 32) in ihren die Drehachse (0) enthaltenden Längsschnitten so bemessen sind, dass beim Aufschumpfen oder Aufpressen des rotationssymmetrischen Teiles (11; 21; 31) in diesem Spannungen und durch diese Verformungen entstehen, die den beim darauffolgenden Schweißen zu erwartenden Spannungen und durch diese verursachten Verformungen entgegengesetzt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass
- a) der rotationssymmetrische Teil (11; 31) auf den Nabenteil (12; 32) aufgebracht wird, wobei mindestens eine der beiden Kontaktflächen (14; 15; 34; 35) entlang der Achsenrichtung (0) unterschiedliche Radien hat, dergestalt, dass im rotationssymmetrischen Teil (11; 31) beim Aufbringen auf einer Seite höhere Spannungen als auf der anderen Seite entstehen und die Funktionsflächen (16; 36) sich in einer Richtung verlagern (16*; 36*),

- b) Sodann die Schweißnaht (20) an der einen Seite angebracht wird, wobei durch die Schweißung auf dieser einen Seite die Funktionsflächen (16*; 36*) wieder in die ursprüngliche genaue Position (16; 36) zurückkehren.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine der miteinander zu verbindenden Flächen (14, 15; 34, 35) zylindrisch ist und nur die andere in Achsenrichtung unterschiedliche Radien hat.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass bei unterschiedlichen Radien der Außenfläche der kleinere beziehungsweise bei unterschiedlichen Radien der Innenfläche (15; 35) der größere Radius auf der Seite der Schweißnaht (20) ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die andere der miteinander zu verbindenden Flächen (14; 15) konisch ist, wobei bei konischer Außenfläche der kleinere beziehungsweise bei konischer Innenfläche (15) der größere Radius des Konus auf der Seite der Schweißnaht (20) ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass
- a) der die Drehachse (0) enthaltende Längsschnitt des rotationssymmetrischen Teiles (21) zwischen der Kontaktfläche (24) und der Funktionsfläche (26) eine Einschnürung (33) aufweist, die zum Flächenmittelpunkt (32) der außerhalb der Einschnürung (33) liegenden Schnittfläche in Axialrichtung versetzt ist (34), sodass sich die Funktionsfläche (26) des rotationssymmetrischen Teiles (21) beim Aufpressen oder Aufschumpfen in einer Richtung verlagert (26*),

b) sodann die Schweissnaht (30) angebracht wird, wodurch die Funktionsfläche (26*) wieder in die ursprüngliche genaue Position (26) zurückkehrt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Resultierende (28*) aus den über die Einschnürung (33) übertragenen Kräften zum Flächenmittelpunkt (32) der außerhalb der Einschnürung (33) liegenden Schnittfläche in Axialrichtung versetzt ist (34).

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schweißnaht (20; 30) mittels eines Hochenergiestrahles, insbesondere eines Laserstrahles, erfolgt.

Zusammenfassung

Ein Verfahren zum Verbinden einer genau bearbeiteten Funktionsfläche (16) aufweisende rotationssymmetrischen Teiles (11) mit einem Nabenteil (21) durch Schweißen soll ein verzugsfreies Endprodukt liefern. Dazu sind der rotationssymmetrische Teil (11) und der Nabenteil (12) in ihren Längsschnitten so bemessen, dass beim Aufpressen oder Aufschrupfen des rotationssymmetrischen Teiles (11) auf den Nabenteil (12) in ersterem Spannungen und durch diese Verformungen entstehen, die den beim darauffolgenden Schweißen zu erwartenden Spannungen und durch diese verursachten Verformungen entgegengesetzt sind. Das wird erreicht, indem eine der Kontaktflächen (14;15) konisch ist oder durch Formgestaltung des rotationssymmetrischen Teiles (11).

Abbildung: Fig. 4.

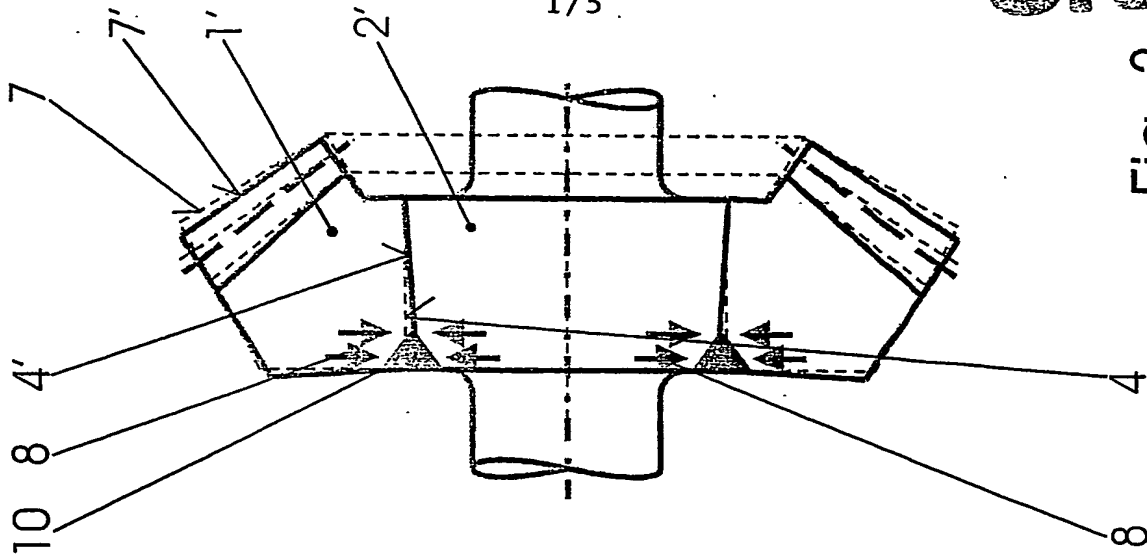


Fig. 3

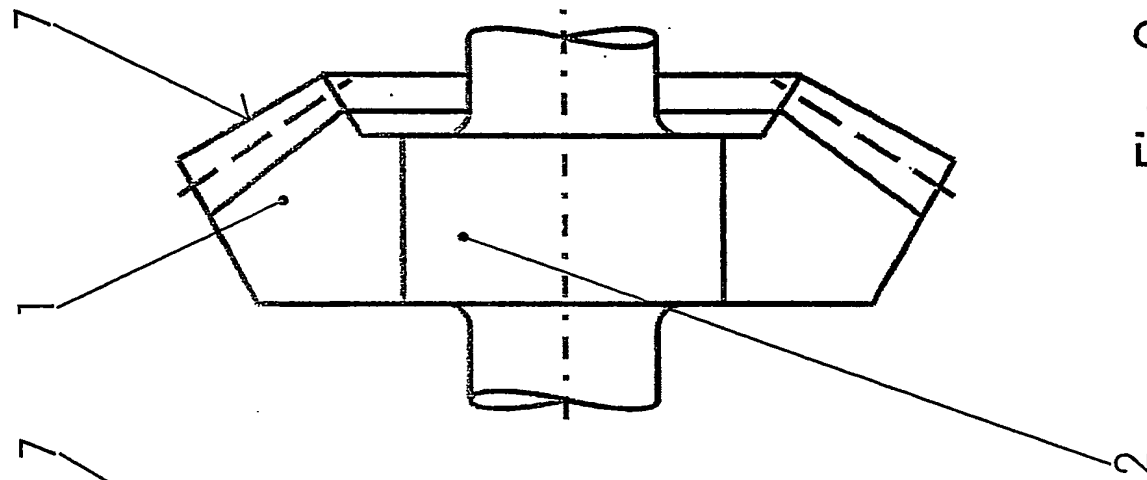


Fig. 2

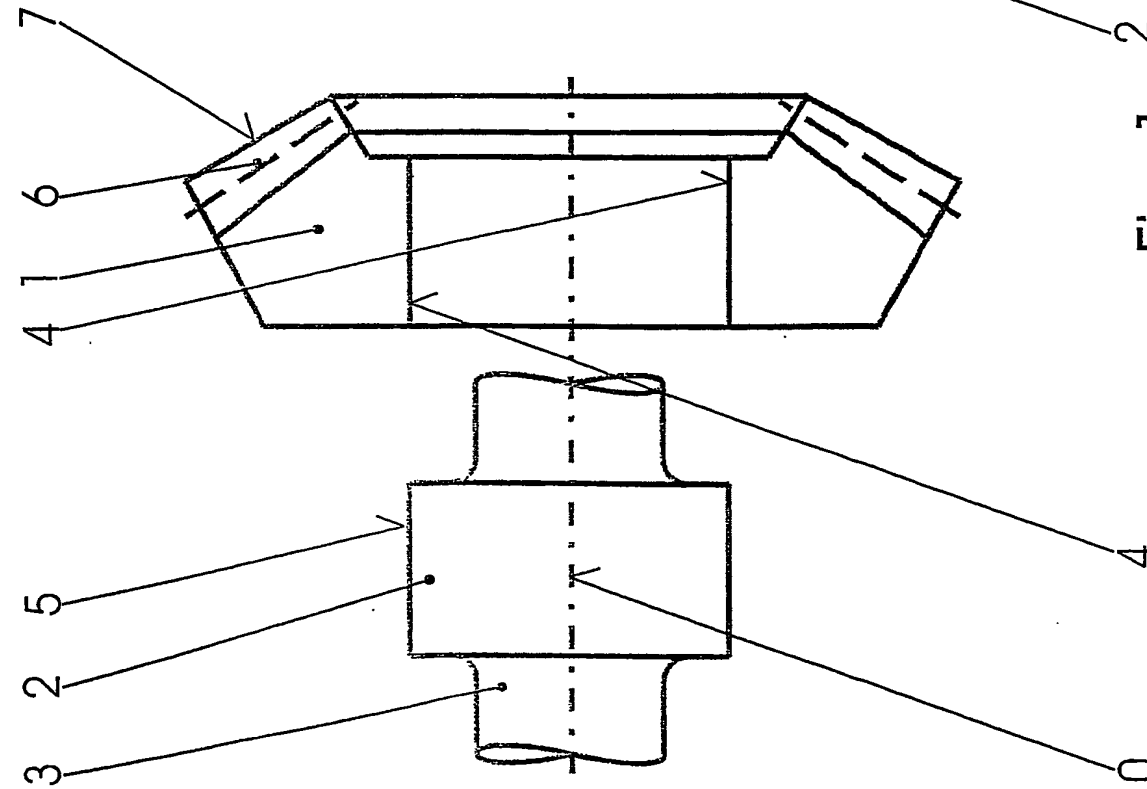
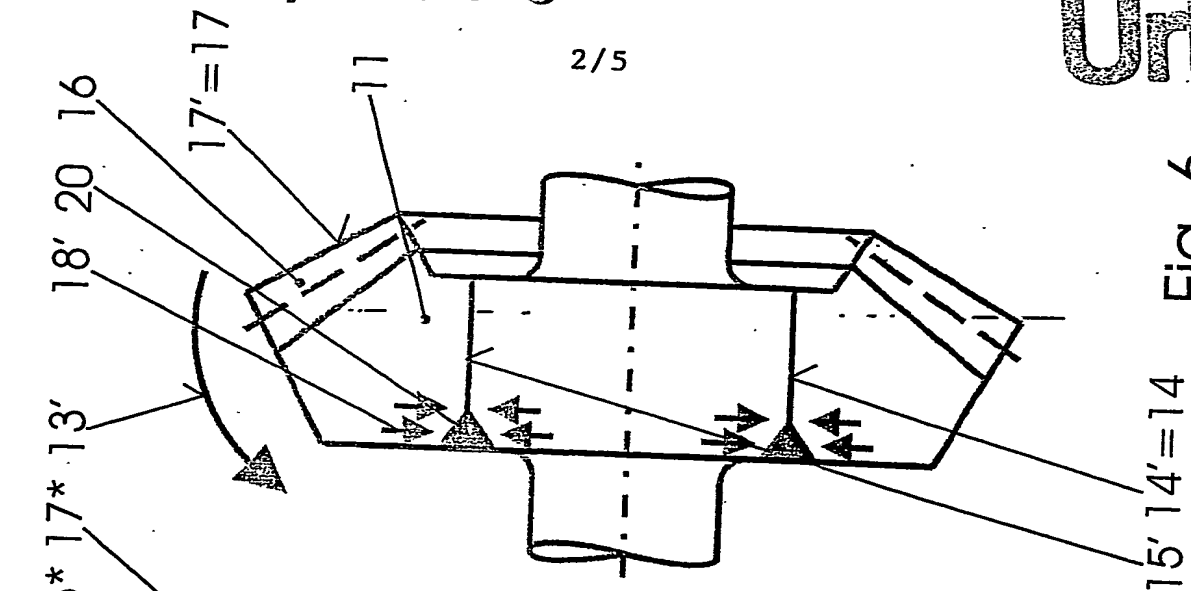
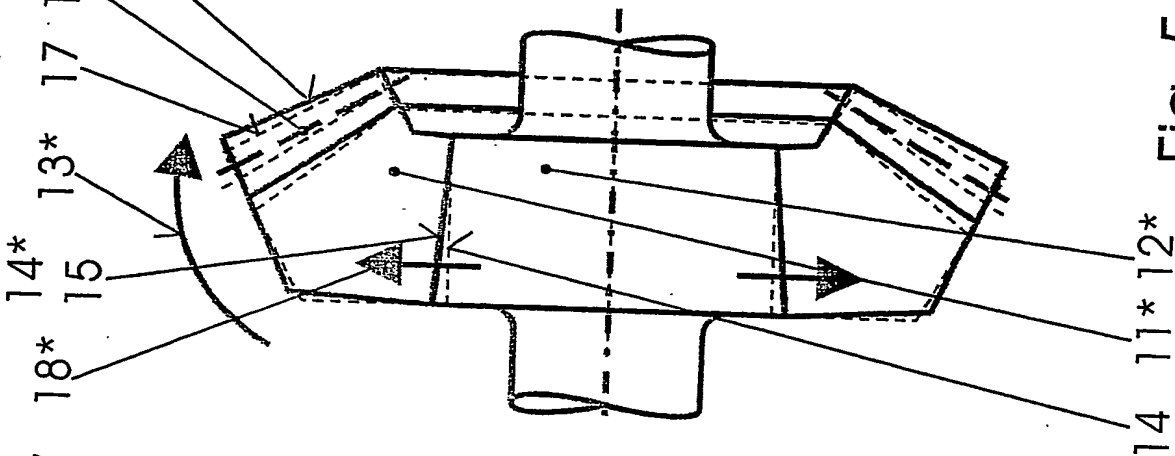
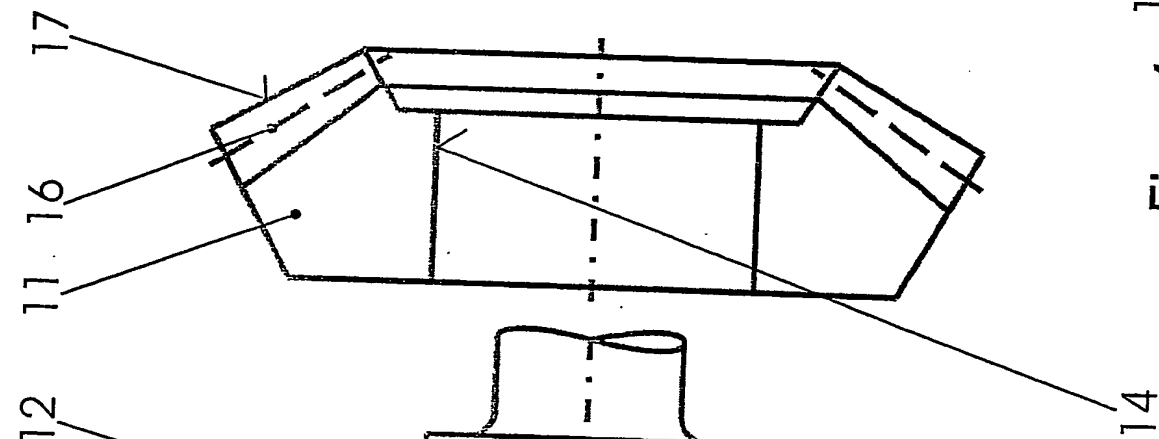
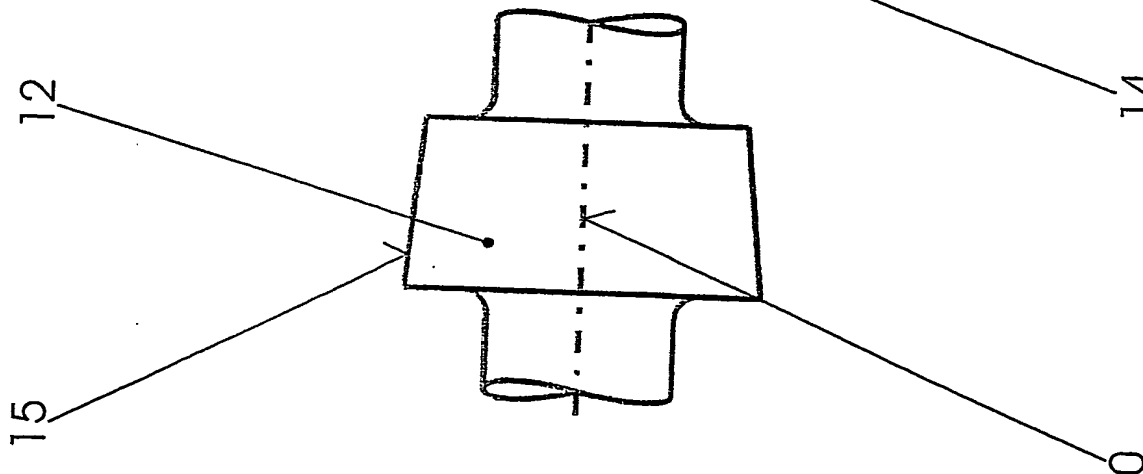


Fig. 1



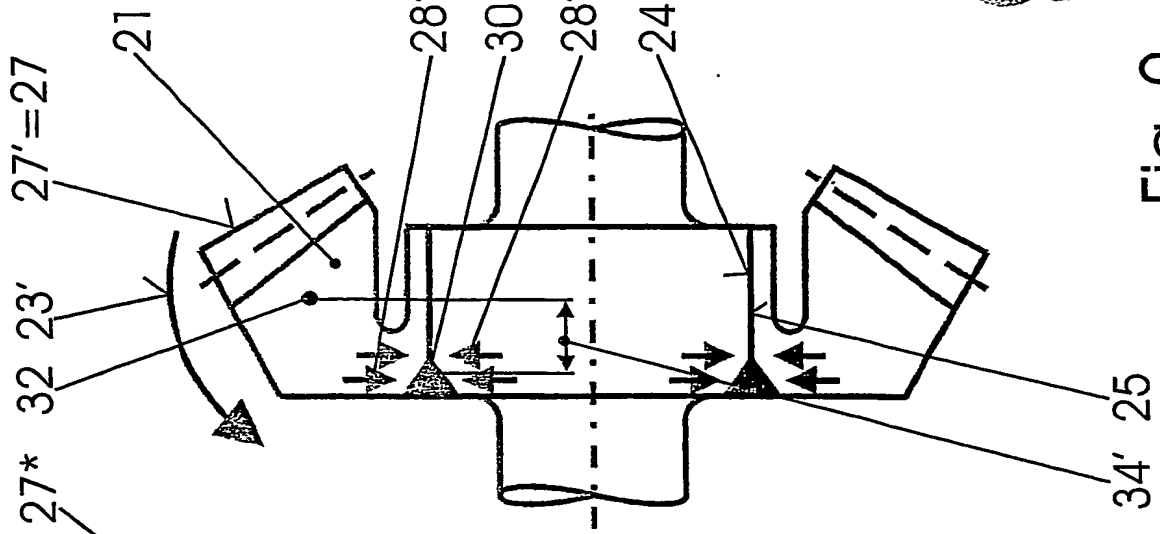


Fig. 9

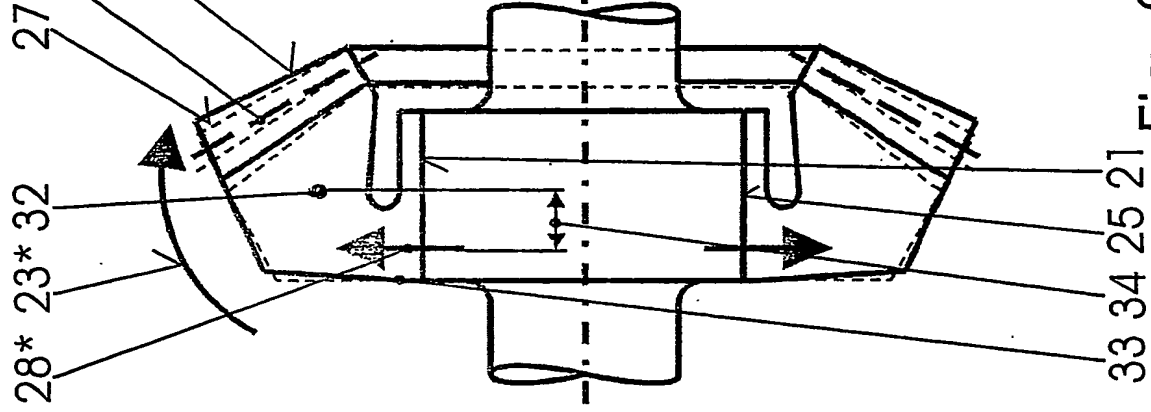


Fig. 8

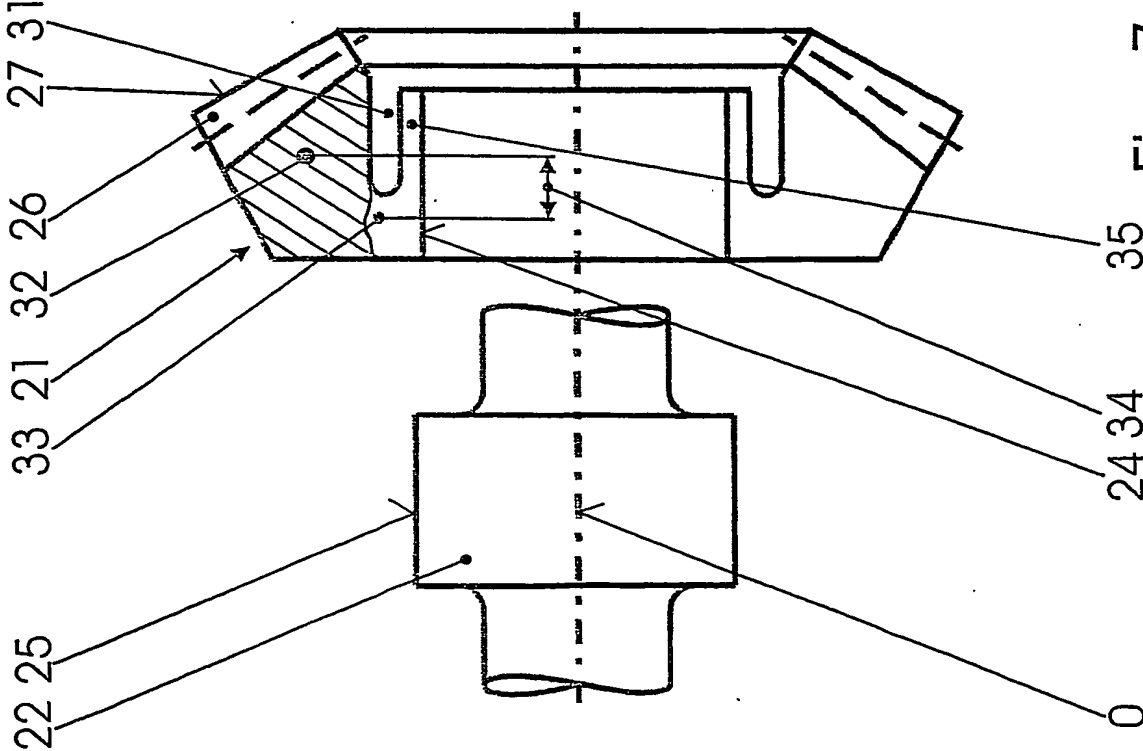


Fig. 7

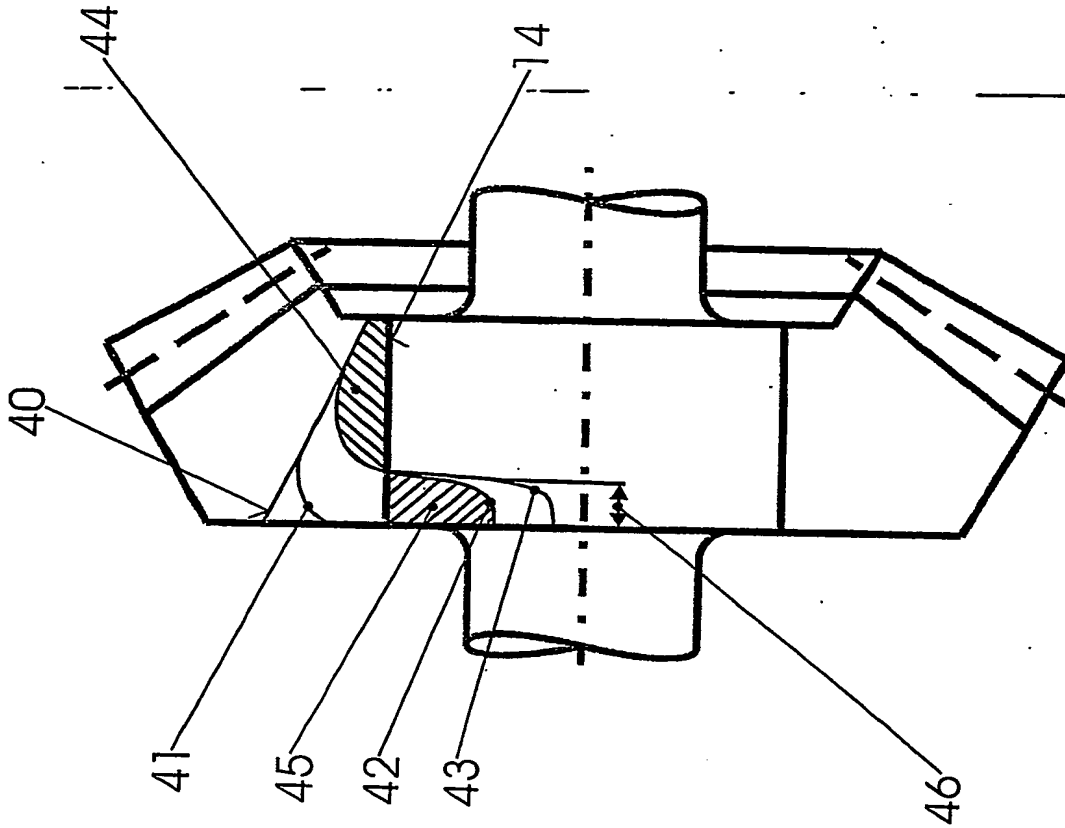


Fig. 10

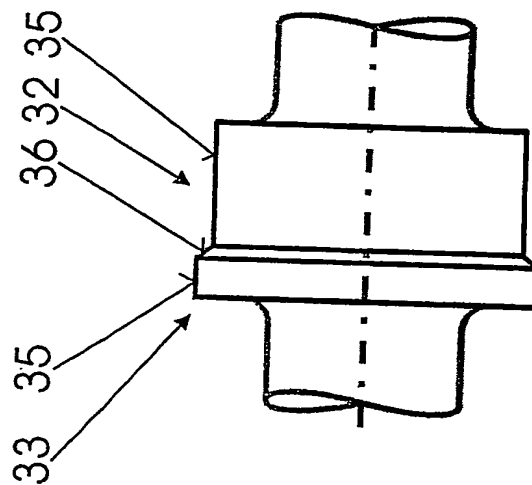
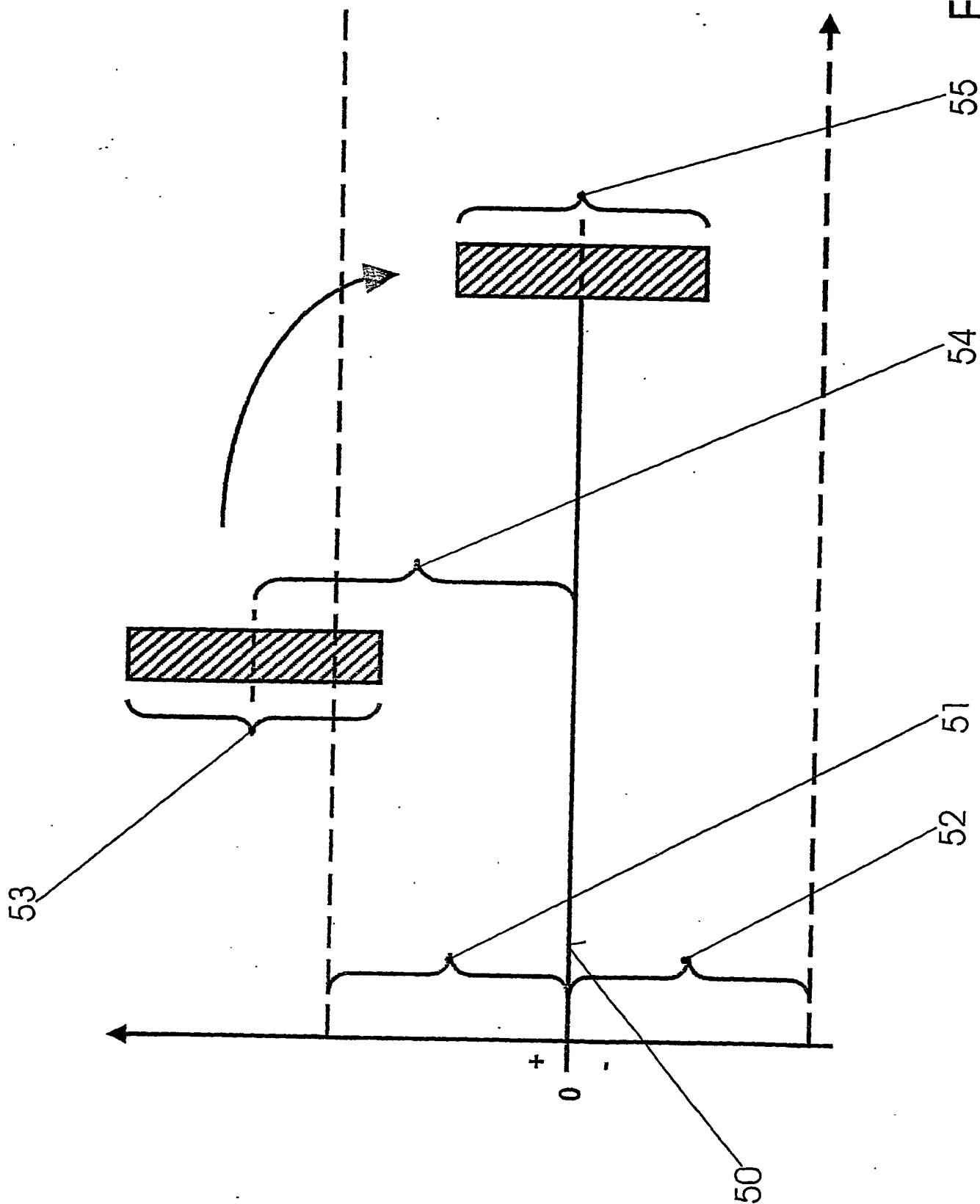


Fig. 11

Fig. 12



PCT/AT2004/000106

